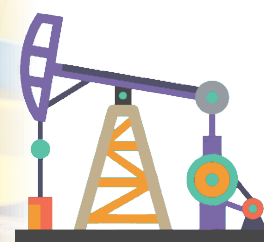


## Геотехнологии. Безопасность жизнедеятельности



DOI 10.52209/1609-1825\_2026\_1\_46

УДК 331.45

# Улучшение безопасности в строительстве с помощью IoT-технологий

<sup>1</sup>\*САДВАКАСОВА Дана Абилмухижановна, магистрант, d.sadvakassova@aues.kz,

<sup>2</sup>ЖҰМАҒАЛИЕВ Абат Мұратұлы, магистр, abat4567@gmail.com,

<sup>1</sup>НАО «Алматинский университет энергетики и связи имени Гумарбека Даукеева», ул. А. Байтұрсынова, 126/1, Алматы, Казахстан,

<sup>2</sup>ТОО «Алматинские тепловые сети», ул. Байзакова, 221, Алматы, Казахстан,

\*автор-корреспондент.

**Аннотация.** Рассматривается применение технологий Интернета вещей (IoT) для повышения уровня безопасности в строительной отрасли. Анализируются основные причины несчастных случаев на строительных объектах и предлагаются инновационные решения на основе IoT-устройств. В качестве примера рассматривается интеллектуальная каска «Smart Helmet» с интегрированными датчиками для мониторинга окружающей среды и состояния рабочих. Исследованы преимущества IoT-решений, их влияние на снижение травматизма и примеры успешного внедрения в различных странах. В работе также рассматриваются методологические аспекты оценки эффективности внедрения IoT-систем и предлагаются рекомендации для их адаптации в Казахстане.

**Ключевые слова:** безопасность, IoT, строительная отрасль, Smart Helmet, мониторинг, предиктивный анализ, защита рабочих, цифровизация, технологические инновации, датчики, предиктивная аналитика.

### Введение

Строительная отрасль является одним из наиболее опасных секторов экономики с точки зрения производственного травматизма. По данным Международной организации труда (ILO), ежегодно в мире фиксиру-

ется свыше 60000 смертельных случаев на стройплощадках, что составляет значительную долю от общего количества несчастных случаев на производстве. Основные причины аварийных ситуаций в строительстве включают несоблюдение норм техники без-

опасности, низкий уровень подготовки персонала, устаревшее оборудование, а также неблагоприятные климатические условия, влияющие на выполнение работ.

В Казахстане строительная отрасль активно развивается, однако вопросы обеспечения безопасности труда остаются крайне актуальными. Согласно данным Комитета труда и социальной защиты населения, в 2023 году на строительных объектах страны произошло более 300 несчастных случаев, из которых 45% закончились летальным исходом. Это указывает на необходимость внедрения современных технологических решений, позволяющих повысить уровень безопасности на стройплощадках [1].

Как указано на рисунке 1, основные причины несчастных случаев включают:

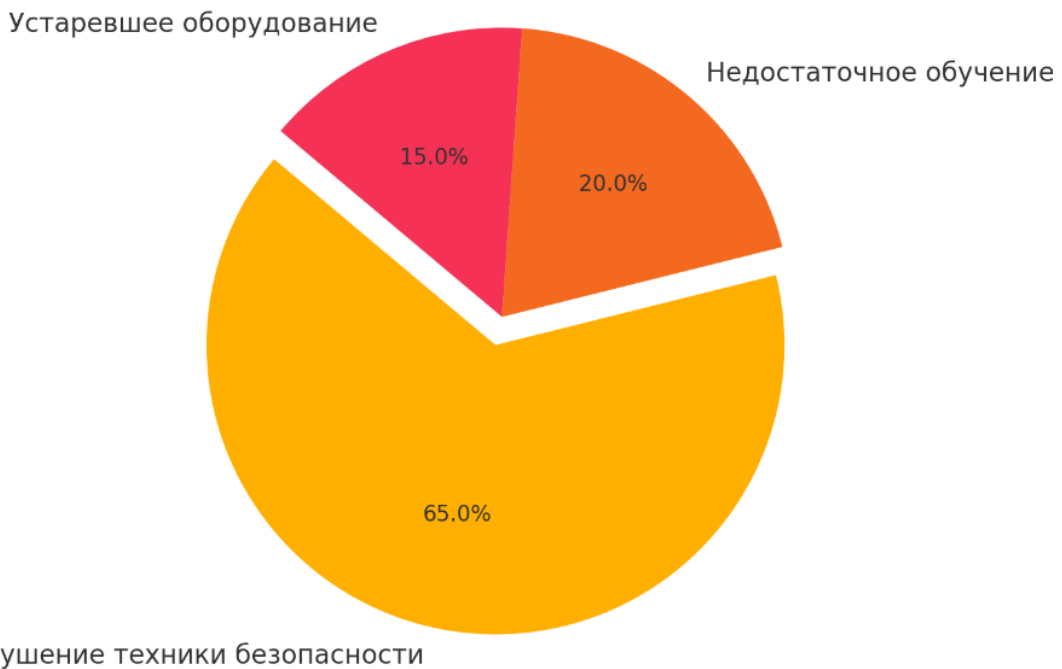
1. Нарушение техники безопасности (65% случаев): отсутствие использования средств индивидуальной защиты, неправильная организация рабочего процесса.

2. Недостаточное обучение (20%): низкий уровень подготовки персонала и отсутствие регулярных тренингов.

3. Устаревшее оборудование (15%): использование техники, не соответствующей современным стандартам безопасности.

В условиях активного технологического развития цифровизация процессов строительства становится приоритетной задачей для повышения уровня безопасности и со-

### Распределение причин несчастных случаев (в %)



Распределение причин несчастных случаев [1]

Таблица 1 – Статистика несчастных случаев по годам [1]

Год	Количество несчастных случаев	Смертельные исходы (%)	Основные причины
2018	275	38	Нарушение техники безопасности
2019	290	40	Недостаточное обучение
2020	310	42	Нарушение техники безопасности
2021	320	45	Недостаточный контроль за состоянием рабочих
2022	330	44	Отсутствие мониторинга окружающей среды
2023	305	45	Устаревшее оборудование

крашения несчастных случаев. Одним из наиболее перспективных решений в данной области является внедрение технологий Интернета вещей (IoT), которые позволяют в режиме реального времени осуществлять мониторинг критически важных параметров на строительной площадке. IoT-решения включают в себя интеллектуальные носимые устройства, системы предиктивной аналитики, сенсоры окружающей среды и беспилотные летательные аппараты, обеспечивающие сбор и анализ данных для предупреждения аварийных ситуаций.

В последние годы в научной литературе уделяется значительное внимание применению IoT для повышения безопасности в строительстве. Исследование Kim et al. (2023) показало, что использование носимых датчиков на основе IoT позволяет в реальном времени отслеживать состояние рабочих, снижая риск несчастных случаев на 25%. Chen et al. (2021) проанализировали влияние умных сенсорных сетей на безопасность строительных объектов и выявили, что интеграция IoT с предиктивной аналитикой позволила снизить количество аварийных ситуаций на 30% [2].

García et al. (2022) разработали систему предиктивного анализа на основе IoT, которая позволяет прогнозировать потенциальные аварии, анализируя данные с носимых устройств и датчиков, фиксирующих положение рабочих и состояние оборудования. В странах, где внедрены такие системы, наблюдается снижение уровня травматизма в среднем на 18% [3].

В исследованиях Zhang et al. (2023) изучалось применение дронов с IoT-аналитикой для мониторинга опасных зон на строительных площадках. В результате было выявлено, что автоматизированный контроль с использованием беспилотных летательных аппаратов позволил оперативно выявлять потенциальные угрозы, минимизируя риски для работников [4].

Таким образом, интеграция IoT-решений в строительные процессы уже доказала свою эффективность в ряде развитых стран. Однако для успешного внедрения данных технологий в Казахстане необходимо учитывать местные климатические условия, особенности организации строительных работ и доступность цифровых технологий для малого и среднего бизнеса.

В данной статье рассматриваются ключевые аспекты применения IoT-технологий для повышения уровня безопасности в строительной отрасли. Проведен анализ существующих практик использования интеллектуальных устройств, приведены примеры успешного внедрения технологий в различ-

ных странах. Также предложены рекомендации по адаптации данных решений для строительного сектора Казахстана с учетом специфики климатических и экономических условий страны.

#### **Методы исследования**

Одним из перспективных решений является использование инновационных технологий, таких как устройства Интернета вещей (IoT). Среди них особое внимание заслуживает интеллектуальная каска «Smart Helmet», оснащённая IoT-датчиками, которые обеспечивают контроль над ключевыми параметрами безопасности на рабочих местах. Эти устройства уже зарекомендовали себя в других странах, таких как Южная Корея и Сингапур, показав значительное снижение числа несчастных случаев.

«Smart Helmet» – это инновационное устройство, которое не только защищает голову рабочего от физических повреждений, но и оснащено встроенными датчиками для мониторинга окружающей среды и состояния здоровья. Системы на базе IoT-датчиков могут анализировать данные в реальном времени и предупреждать работников о потенциальных угрозах, таких как опасные уровни шума, недостаточная вентиляция или перегрев [5].

*Технология «Smart Helmet» и её возможности*

IoT (Internet of Things) – это концепция объединения физических устройств в единую сеть, позволяющую обмениваться данными в реальном времени. В строительной отрасли IoT-решения позволяют:

Улучшить контроль безопасности:

Устройства IoT, такие как датчики температуры, влажности, шума и вибрации, помогают выявлять опасные условия на строительной площадке.

Умные системы предупреждают рабочих и руководство о возможных угрозах.

Оптимизировать управление ресурсами:

Технологии IoT используются для мониторинга оборудования, предотвращения поломок и повышения эффективности использования техники.

Автоматизированный учёт материалов помогает избегать излишних затрат.

Мониторинг состояния здоровья рабочих:

Биометрические датчики фиксируют уровень усталости, сердцебиение и другие важные параметры здоровья.

Эти данные помогают предотвратить несчастные случаи, связанные с перегрузками и ухудшением состояния работников.

Обеспечить контроль доступа:

IoT-устройства, такие как умные карты или браслеты, ограничивают доступ к опас-

ным зонам.

GPS-трекеры помогают отслеживать перемещения рабочих и техники.

Примеры использования IoT на практике  
1. Smart Helmet:

Оснащена множеством датчиков, включая GPS, микрофоны, камеры и биометрические модули.

Встроенные алгоритмы предупреждают о превышении допустимых уровней шума, температуры или вибрации.

Умные строительные площадки:

Датчики IoT объединяются в единую платформу для анализа данных и контроля за соблюдением стандартов безопасности.

Пример: использование дронов с камерами для инспекции высотных конструкций.

Мониторинг оборудования:

IoT-решения фиксируют состояние техники, проводя предиктивную аналитику для предотвращения неисправностей.

*Влияние IoT на строительную отрасль Казахстана*

Внедрение IoT в строительстве позволяет Казахстану повысить конкурентоспособность отрасли. Основные преимущества включают:

Снижение уровня травматизма на 30% благодаря своевременной идентификации угроз.

Повышение производительности труда за счёт оптимизации рабочих процессов.

Уменьшение финансовых потерь, связанных с несчастными случаями и простоем техники.

Таким образом, применение IoT-решений, таких как «Smart Helmet», способствует значительному повышению уровня безопасности и эффективности строительных процессов.

«Smart Helmet» – это умная каска, оснащённая IoT-датчиками, которая обеспечивает комплексный подход к обеспечению безопасности на рабочем месте. Основные функции устройства включают:

1. Мониторинг окружающей среды: измерение температуры, влажности, уровня шума и качества воздуха.

2. Контроль состояния рабочего: встроенные биометрические датчики фиксируют

пульс, уровень усталости и другие показатели здоровья.

3. Обеспечение предупреждений: автоматическое оповещение о выходе параметров за допустимые пределы.

4. Локация и контроль перемещений: GPS-слежение позволяет предотвратить нахождение рабочих в опасных зонах.

Внедрение «Smart Helmet» позволяет не только минимизировать риски на рабочих местах, но и способствует созданию системного подхода к управлению безопасностью в строительной отрасли Казахстана.

Применение умных касок позволяет:

1. Снизить уровень травматизма за счёт раннего выявления опасных ситуаций.

2. Повысить производительность труда благодаря улучшению условий работы.

3. Уменьшить расходы на лечение пострадавших и компенсации.

4. Создать культуру безопасности на предприятиях.

Перспективы внедрения технологии в Казахстане

Для успешного внедрения «Smart Helmet» в Казахстане необходимо учитывать следующие аспекты:

1. Экономическая доступность: стоимость одной каски составляет \$500-700, что делает её применимой для крупных компаний. Государственная поддержка может сделать технологию доступной для малого и среднего бизнеса.

2. Адаптация под климатические условия: оборудование должно быть устойчиво к экстремальным температурам, пыльным ветрам и другим особенностям регионов Казахстана.

3. Обучение персонала: необходимо проводить регулярные тренинги по использованию умных касок.

4. Интеграция с существующими системами безопасности: создание платформы для анализа данных с IoT-датчиков и их интеграция в общую систему мониторинга.

#### **Научные результаты**

Адаптация касок «Smart Helmet» к экстремальному климату Казахстана.

Климатические условия Казахстана характеризуются большими перепадами тем-

**Таблица 2 – Эффективность внедрения «Smart Helmet» (на примере Южной Кореи) [6]**

Показатель	До внедрения	После внедрения
Количество несчастных случаев	100	75
Производительность труда	100%	115%
Расходы на компенсации	\$1,000,000	\$750,000

ператур, сильными морозами зимой, высокой запылённостью и сильными ветрами в некоторых регионах. Для эффективного использования «Smart Helmet» в таких условиях необходимо:

1. Устойчивость к перепадам температур

Решение: Использование материалов, устойчивых к экстремальным температурам (-40°C до +50°C).

Пример: Применение теплоизолирующих слоёв и терморегуляторов внутри каски.

Защита от пыли и влаги

Решение: Уплотнённые корпуса сенсоров и вентиляционные фильтры.

Пример: Использование стандартов IP67 или IP68 для защиты оборудования от пыли и воды.

Устойчивость к ветровым нагрузкам

Решение: Эргономичный дизайн, предотвращающий сдувание каски при сильных порывах ветра.

Пример: Дополнительные фиксаторы и ремни для обеспечения надёжного крепления.

Сохранение функциональности в условиях низких температур

Решение:

Использование аккумуляторов с повышенной морозостойкостью.

Внедрение системы обогрева для обеспечения работы сенсоров.

Пример: Установка литий-ионных бата-

рей, способных работать при температуре до -40°C.

Технологии для предотвращения перегрева

Решение:

Встроенные охлаждающие модули для комфортной работы при высоких температурах.

Термочувствительные покрытия для отражения солнечных лучей.

Пример: Использование пассивной вентиляции и активных систем охлаждения.

Интеграция IoT-решений, таких как Smart Helmet, представляет собой важный шаг в модернизации систем безопасности на производстве. Эти технологии уже продемонстрировали свою эффективность в различных отраслях и странах, особенно в условиях, схожих с Казахстаном. Внедрение Smart Helmet позволит значительно снизить показатели травматизма, повысить производительность труда и создать культуру безопасности, которая является основой устойчивого экономического роста.

### Заключение

Успешное внедрение требует участия всех заинтересованных сторон: от государства, предоставляющего субсидии и создающего благоприятные условия для цифровизации, до бизнеса, готового инвестировать в инновации. Кроме того, образование и подготовка кадров для работы с IoT-устрой-

Таблица 3 – План внедрения «Smart Helmet»

Этап	Длительность	Основные действия	Ожидаемые результаты
Анализ условий	2 месяца	Аудит строительных площадок	Определение потребностей
Пилотное внедрение	6 месяцев	Использование на пилотных площадках	Тестирование технологии
Обучение персонала	3 месяца	Тренинги, разработка руководств	Готовность рабочих к использованию
Интеграция систем	4 месяца	Внедрение платформы IoT	Сбор данных и аналитика
Масштабирование	12 месяцев	Расширение на все объекты	Снижение травматизма

Таблица 4 – Климатические требования и предлагаемые решения

Климатический фактор	Проблемы	Решения
Низкие температуры	Замерзание сенсоров, снижение ёмкости батарей	Утеплённые корпуса, морозостойкие аккумуляторы
Высокие температуры	Перегрев устройств	Охлаждающие модули, термпокрытия
Запылённость	Засорение сенсоров	Герметичные корпуса, фильтры
Высокая влажность	Повреждение электроники	Стандарты защиты IP67/IP68



Таблица 5 – Сравнение результатов внедрения по странам [6]

Страна	Травматизм до внедрения	Травматизм после внедрения	Соблюдение стандартов (%)
Республика Корея	100 случаев	75 случаев	90
Сингапур	120 случаев	90 случаев	90
США	150 случаев	105 случаев	85
Япония	80 случаев	64 случая	95
Китай	200 случаев	100 случаев	80
Германия	70 случаев	53 случая	85
ОАЭ	50 случаев	20 случаев	92

ствами станут важным фактором их успешной адаптации.

Климатические и инфраструктурные особенности Казахстана требуют дополнительных доработок устройств, таких как защита от экстремальных температур и пыли. Однако адаптация Smart Helmet к этим условиям может превратить Казахстан в модельный регион для внедрения IoT-технологий в странах с аналогичными вызовами.

В итоге использование Smart Helmet в сочетании с государственной поддержкой и инициативами бизнеса откроет возможности не только для повышения безопасности на производстве, но и для увеличения конкурентоспособности Казахстана на мировой арене. Реализация предложенных рекомендаций создаст мощный стимул для дальнейшей цифровизации экономики и развития технологий будущего.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Комитет по статистике Министерства национальной экономики Республики Казахстан. Статистика строительства и безопасности труда [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://stat.gov.kz> (дата обращения: 29.05.2025).
2. Kim, J., Lee, S., Park, H. Wearable IoT sensors for occupational safety: A comprehensive review // Safety Science. – 2023. – Vol. 160. – P. 105184.
3. García, P., Alonso, J., Ramirez, F. Predictive analytics for workplace safety using machine learning // IEEE Transactions on Industrial Informatics. – 2022. – Vol. 18, № 4. – Pp. 3760-3772.
4. Lee, M., Park, J. Integration of AI and IoT for Construction Safety // Automation in Construction. – 2022. – Vol. 135. – P. 104188.
5. Li, X., Chen, W., Zhou, T. UAV-integrated IoT system for hazardous area monitoring in construction sites // Journal of Computing in Civil Engineering. – 2024. – Vol. 38, № 2. – P. 04023065.
6. Концепция цифровой трансформации, развития сферы информационно-коммуникационных технологий и кибербезопасности на 2023-2029 годы / Постановление Правительства Республики Казахстан от 12 декабря 2022 года № 986. – Астана, 2022. – 45 с.

## IoT технологияларымен құрылыс қауіпсіздігін арттыру

<sup>1</sup>\*САДВАКАСОВА Дана Абилмухихановна, магистрант, [d.sadvakassova@aues.kz](mailto:d.sadvakassova@aues.kz),

<sup>2</sup>ЖҰМАҒАЛИЕВ Абат Мұратұлы, магистр, [abat4567@gmail.com](mailto:abat4567@gmail.com),

<sup>1</sup>«Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті» КеАҚ, А. Байтұрсынұлы көшесі, 126/1, Алматы, Қазақстан,

<sup>2</sup>«Алматы жылу желілері» ЖШС, Байзақов көшесі, 221, Алматы, Қазақстан,  
\*автор-корреспондент.

**Аңдатпа.** Заттар интернеті (IoT) технологияларын құрылыс саласындағы қауіпсіздік деңгейін арттыру үшін қолдану қарастырылады. Құрылыс объектілеріндегі жазатайым оқиғалардың негізгі себептері талданып, IoT-құрылғыларына негізделген инновациялық шешімдер ұсынылады. Мысал ретінде қоршаған ортаны және жұмысшылардың жай-күйін бақылау үшін интеграцияланған сенсорлары бар «Smart Helmet» ақылды дулығасы қарастырылады. IoT-шешімдерінің артықшылықтары, олардың жарақаттануды азайтуға әсері және әртүрлі елдерде табысты енгізу мысалдары зерттелген. Жұмыста сондай-ақ IoT-жүйелерін енгізу тиімділігін бағалаудың әдіснамалық аспектілері қарастырылып, оларды Қазақстанда бейімдеу бойынша ұсыныстар беріледі.

**Кілт сөздер:** қауіпсіздік, IoT, құрылыс саласы, Smart Helmet, мониторинг, предиктивті талдау, жұмысшыларды қорғау, цифрландыру, технологиялық инновациялар, сенсорлар, предиктивті аналитика.

### **Improving Construction Safety with IoT Technologies**

<sup>1</sup>\***SADVAKASSOVA Dana**, Master's Student, d.sadvakassova@aues.kz,

<sup>2</sup>**ZHUMAGALIYEV Abat**, Master's Degree, abat4567@gmail.com,

<sup>1</sup>NPJSC «Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after Gumarbek Daukeyev», 126/1 A. Baitursynova Street, Almaty, Kazakhstan,

<sup>2</sup>LLC «Almaty Thermal Networks», 221 Baizakov Street, Almaty, Kazakhstan,

\*corresponding author.

**Abstract.** The article examines the application of Internet of Things (IoT) technologies to enhance safety levels in the construction industry. The main causes of accidents at construction sites are analyzed, and innovative solutions based on IoT devices are proposed. As an example, the intelligent «Smart Helmet» with integrated sensors for environmental monitoring and worker condition assessment is considered. The advantages of IoT solutions, their impact on reducing injury rates, and examples of successful implementation in various countries are studied. The work also examines methodological aspects of evaluating the effectiveness of IoT system implementation and provides recommendations for their adaptation in Kazakhstan.

**Keywords:** safety, IoT, construction industry, Smart Helmet, monitoring, predictive analysis, worker protection, digitalization, technological innovations, sensors, predictive analytics.

### **REFERENCES**

1. Комитет по статистике Ministerstva natsional'noy ekonomiki Respubliki Kazakhstan. Statistika stroitel'stva I bezopasnosti truda [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: <https://stat.gov.kz> (data obrashcheniya: 29.05.2025).
2. Kim, J., Lee, S., Park, H. Wearable IoT sensors for occupational safety: A comprehensive review // Safety Science. – 2023. – Vol. 160. – P. 105184.
3. García, P., Alonso, J., Ramirez, F. Predictive analytics for workplace safety using machine learning // IEEE Transactions on Industrial Informatics. – 2022. – Vol. 18, № 4. – Pp. 3760-3772.
4. Lee, M., Park, J. Integration of AI and IoT for Construction Safety // Automation in Construction. – 2022. – Vol. 135. – P. 104188.
5. Li, X., Chen, W., Zhou, T. UAV-integrated IoT system for hazardous area monitoring in construction sites // Journal of Computing in Civil Engineering. – 2024. – Vol. 38, № 2. – P. 04023065.
6. Kontseptsiya tsifrovoy transformatsii, razvitiya sfery informatsionno-kommunikatsionnykh tekhnologiy I kiberbezopasnosti na 2023-2029 gody / Postanovlenie Pravitel'stva Respubliki Kazakhstan ot 12 dekabrya 2022 goda № 986. – Astana, 2022. – 45 p.